T/CECSxxx-202x

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

**市政道路全固废半刚性基层技术规程**

Technical specification for all-solid waste semi-rigid base of

municipal road

（**征求意见稿**）

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

XXX出版社

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

**市政道路全固废半刚性基层技术规程**Technical specification for all-solid waste semi-rigid base of

municipal road

**T/CECS xxx－202x**

主编单位：燕山大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月XX日

中 国 X X出 版 社

202X年 北 京

## 

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《2023年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2023]10号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分6章和0个附录，主要内容包括总则、术语和定义、材料、设计、施工、质量验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，由燕山大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送燕山大学（地址：秦皇岛市海港区河北大街438号，邮政编码：066000）

**主 编 单 位：**燕山大学，秦皇岛市红正新型建材科技有限公司

**参 编 单 位：**沧州曲港高速公路建设有限责任公司，中交路桥建设有限公司，秦皇岛市公路建设发展中心，秦皇岛市交通运输综合行政执法支队，秦皇岛市政建材集团有限公司，唐山三友氯碱有限责任公司，河北工业大学，中交第一航务局有限公司，天津大学，青岛理工大学，东南大学，天津城建大学，石家庄铁道大学，大连理工大学，济南大学，中冀建勘集团有限公司，北京建工新型建材有限责任公司，苏交科集团股份有限公司，河北建材职业技术学院，秦皇岛市泽惠保障性安居工程建设开发有限公司，潍坊学院，秦皇岛市建设工程质量服务中心

**主要起草人：**××× ××× ××× ××× ××× ××× ×××

**主要审查人：**××× ××× ××× ××× ××× ××× ×××

**目次**

**1 总 则** 1

**2 术语和定义** 2

**3 材料** 3

3.1 一般规定 3

3.2 原材料规定 3

**4 设计** 5

4.1 一般规定 5

4.2 强度要求 5

4.3 强度试验 5

4.4 固废骨料推荐级配 6

4.5 固废基结合料稳定材料目标配合比设计技术要求 6

4.6 固废基结合料稳定材料生产配合比技术要求 6

**5 施工** 8

5.1 一般规定 8

5.2 混合料集中厂拌及运输 8

5.3 摊铺机摊铺与碾压 8

**6 质量验收** 9

6.1 一般规定 9

6.2 材料检验 9

6.3 试验段铺设 9

6.4 施工过程中检测 10

6.5 施工后质量检测 10

引用标准名录 11

附：条文说明 12

**Contents**

1 General provisions 1

2 Terms and defines 2

3 Material 3

3.1 General requirements 3

3.2 Raw material requirements 3

4 Design 5

4.1 General requirements 5

4.2 Strength requirrement 5

4.3 Strength test 5

4.4 Recommended gradation of solid waste aggregate 6

4.5 Technical requirements for target mix proportion design of stabilized material of waste-based binder 6

4.6 Technical requirements for production mix proportion of solid waste-based binder stabilized materials 6

5 Construction 8

5.1 General requirements 8

5.2 Centralized plant mixing and transportation of mixture 8

5.3 Paver paving and rolling 8

6 Quality inspection 9

6.1 General requirements 9

6.2 Material inspection 9

6.3 Laying of test section 9

6.4 Inspection in the construction process 10

6.5 Quality inspection after construction 10

List of quoted standards 11

Addition：Explanation of provisions 12

# 

# 1 总 则

**1.0.1**为推动全固废半刚性基层在市政道路中应用，做到施工技术先进、成本节约、低碳环保、质量可靠，制定本规程。

**1.0.2**本规程适用于市政道路基层施工前的原材料检验，施工过程中的基层性能设计和施工完成后的基层质量检测。本规程不适用于公路工程基层施工。

**1.0.3**全固废半刚性基层在市政工程应用中，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

# 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范

**2.0.1**全固废半刚性基层 full solid waste semi-rigid base

由固废基结合料稳定固废骨料制备的半刚性基层。

**2.0.2**固废基结合料 solid waste based binder

基于碱激发原理，利用电石渣、碱渣、赤泥、矿渣、粉煤灰等多种工业固废材料作为原材料，通过理化特性匹配设计，在液相环境下制备的具有一定强度的粘结材料。

**2.0.3**固废骨料 solid waste aggregate

除天然石材外，具有一定硬度的惰性工业废料，可分为固废基粗骨料和固废基细骨料，主要包括铁尾矿骨料、钢渣骨料、洞渣骨料、煤矸石骨料和再生骨料等。

**2.0.4**混合料 mixture

由固废基结合料、固废骨料和水按预定比例混合而成的材料。

# 

# 3 材料

**3.1 一般规定**

**3.1.1**在原材料试验评定中，应随机抽取足够数量的样本进行试验。

**3.1.2**当使用具有环境污染风险的工业固废作为原材料时，其放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定，其浸出毒性应符合现行国家标准《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》GB 5085.3的规定。

**3.2 原材料规定**

**3.2.1**固废基结合料的初凝时间应大于3h，终凝时间应大于6h且小于25h。

**3.2.2**固废基结合料的7天抗压强度不宜低于10MPa，28天抗压强度不宜低于20MPa。随着养生龄期的延长，固废基结合料的抗压强度不可出现降低现象。

**3.2.3**固废基粗骨料应质地坚硬、颗粒组成应具有一定级配、杂质占比不宜过多、不得存在潜在碱活性。粗骨料压碎值应低于27%，试验方法参照JTGE 42-2005；粗骨料的针片状含量应低于16%，试验方法参照T 0312-2005；粗骨料颗粒级配宜符合表3.2.3的规定；粗骨料中不应含有粘土块、有机物等杂质；具有碱活性的粗骨料不宜作为原材料制备固废基半刚性基层，粗骨料的碱活性测试应参照GB/T 14685。此外，粗骨料的最大粒径不宜超过31.5mm。

表3.2.3 固废基粗骨料单粒级级配范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称粒级/  mm | 累计筛余/% | | | | | | |
| 方孔筛/mm | | | | | | |
| 2.36 | 4.75 | 9.50 | 13.2 | 19.0 | 26.5 | 31.5 |
| 5～10 | 95～100 | 90～100 | 0～10 | 0 | — | — | — |
| 5～15 | 95～100 | 90～100 | 30～60 | 0～10 | 0 | — | — |
| 10～15 | — | 95～100 | 90～100 | 0～10 | 0 | — | — |
| 10～20 | — | 95～100 | 90～100 | — | 0～10 | 0 | — |
| 10～30 | — | 95～100 | 90～100 | — | — | — | 0～10 |

**3.2.4**固废基细骨料应洁净、干燥、无风化、无杂质且有一定级配。细骨料的塑性指数应低于17，试验方法参照T 0118-2019；细骨料的有机质含量应低于10%，试验方法参照T 0336-1994；细骨料的硫酸盐含量应低于0.8%，试验方法参照T 0341-1994；细骨料中粒径小于0.075mm的部分，其质量占比不应超过20%；细骨料的颗粒级配宜符合表3.2.4的规定。此外，用于制备固废基半刚性基层的细骨料不得具有潜在碱活性，细骨料的碱活性测试方法参照GB/T 14684。

表3.2.4 固废基细骨料级配范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程粒径  （mm） | 公称粒径  （mm） | 通过各筛孔的质量百分比（%） | | | | | | | |
| 9.50 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.60 | 0.30 | 0.15 | 0.075 |
| 3～5 | 2.36～4.75 | 100 | 90～100 | 0-15 | 0-5 | - | - | - | - |
| 0～3 | 0～2.36 | - | 100 | 90～100 | - | - | - | - | 0～15 |
| 0～5 | 0～4.75 | 100 | 90～100 | - | - | - | - | - | 0～20 |

**3.2.5**符合现行《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）的水可直接作为拌合水用于基层材料的搅拌。不符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）的水，应参照《混凝土用水标准》（JGJ 63），检测pH值，氯离子含量、硫酸盐含量、碱含量、可溶物含量、不溶物含量和杂质含量检测，若有一项或多项指标不符合技术要求，则不可用作基层材料拌合用水。

# 4 设计

**4.1 一般规定**

**4.1.1**混合料组成设计应按设计要求，选择技术和经济合理的混合料类型和配合比。

**4.1.2**应根据市政道路等级、车辆荷载、设计年限和防灾标准等因素确定材料技术要求。

**4.1.3**固废基结合料稳定材料组成设计应包括原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四部分。

**4.1.4**原材料的检验应包括结合料、骨料和其他相关试验材料。所有检测指标均应满足相关设计标准或技术文件的要求。

**4.1.5**目标配合比设计应包括选择骨料级配范围、确定结合料类型和掺配比例、验证混合料相关设计和施工技术指标。

**4.1.6**混合料的生产配合比设计应包括确定料仓供料比例、确定固废基结合料剂量标定曲线、确定混合料的最佳含水率和最大干密度。

**4.1.7**施工参数确定应包括确定施工中结合料剂量、确定施工中最佳含水率和最大干密度、验证混合料强度技术指标。

**4.1.8**用于基层施工的固废基结合料稳定材料在抗压强度满足要求后，还应进一步检测其抗冲刷性能和抗裂性能。

**4.1.9**施工中，材料品质或规格发生变化、结合料种类发生变化时，应重新进行混合料组成设计。

**4.2 强度要求**

**4.2.1**固废基结合料稳定材料的强度要求主要以其7d无侧限抗压强度作为评价指标，7d无侧限抗压强度应高于3MPa。

**4.2.2**需要提高基层强度时，不宜采用单纯提高固废基结合料剂量的方法，应通过优化混合料级配等方法，并验证其收缩性能和抗弯拉强度等指标。

**4.3 强度试验**

**4.3.1**强度试验应采用径高比1：1的圆柱试件，试件直径为150mm。强度试验时，应按现场压实度标准采用静压法成型试件。

**4.3.2**强度试验时，平行试验的最少试件数量为13个，试件的变异系数应小于13%。

**4.4 固废骨料推荐级配**

**4.4.1**用于市政道路基层施工时，骨料级配宜符合表4.4.1的规定。

表4.4.1固废骨料推荐级配范围（%）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 筛孔尺寸（mm） | 通过筛孔的质量百分率（%） | |
| a | b |
| 37.5 | 100 | - |
| 31.5 | 100-90 | 100 |
| 26.5 | 93-80 | 100-90 |
| 19 | 81-64 | 86-70 |
| 16 | 75-57 | 79-62 |
| 13.2 | 59-50 | 72-54 |
| 9.5 | 60-40 | 62-42 |
| 4.75 | 45-25 | 45-25 |
| 2.36 | 31-16 | 31-16 |
| 1.18 | 22-11 | 22-11 |
| 0.6 | 15-7 | 15-7 |
| 0.3 | - | - |
| 0.15 | - | - |
| 0.075 | 5-2 | 5-2 |

**4.4.2**用于市政道路基层施工时，被稳定材料中不宜含有粘性土或粉性土。

**4.5 固废基结合料稳定材料目标配合比设计技术要求**

**4.5.1**应根据当地材料特点，通过原材料性能测试评定，选择适宜的结合料类型，确定混合料配合比设计方案。

**4.5.2**在目标配合比设计中，应选择不少于5个结合料剂量，分别确定各剂量下的最佳含水率和最大干密度。

**4.5.3**固废基结合料的推荐剂量为5%-15%，不宜超过20%（外掺法）。

**4.6 固废基结合料稳定材料生产配合比技术要求**

**4.6.1**根据目标配合比确定各档骨料比例，应对拌合设备进行调试和标定，确定合理的生产参数。

**4.6.2**拌合设备的调试和标定应包括料斗称量精度的标定、结合料剂量的标定和加水量控制等内容。

# 5 施工

**5.1** **一般规定**

**5.1.1**对于市政道路基层施工，混合料的拌合工艺应采用集中厂拌，摊铺工艺宜选择摊铺机摊铺。对于边角部位施工，混合料的拌合方式应与主线相同。

**5.1.2**基层宽11-12m时，每一段流水作业长度以500m为宜。基层宽大于12m时，应适当缩短作业段长度。

**5.1.3**对于固废基结合料稳定材料，应选择混合料的初凝时间和允许延迟碾压时间的较小值作为施工控制时间。

**5.1.4**固废基结合料稳定材料在过于潮湿路段上施工时，应采取相应措施降低潮湿程度，消除积水。

**5.1.5**采用固废基结合料稳定材料进行基层施工应选择适宜的气候环境，避免雨季和冬季施工。

**5.1.6**固废基结合料稳定材料压实度应不小于97%。

**5.2** **混合料集中厂拌及运输**

**5.2.1**混合料的拌合能力应与混合料的摊铺能力相匹配。

**5.2.2**拌合厂应建立在地势较高的位置且应做好排水措施。

**5.2.3**工程材料不可乱堆乱放，应分类隔仓储存，并做好标识。

**5.2.4**拌合过程中应实时检测料仓的掺入剂量，当实际掺加值与设计要求值相差超过10%时，应停机检查，正常后方可正常生产。

**5.2.5**应根据工程量的大小和运输距离长短配备足够数量的运输车。

**5.3** **摊铺机摊铺与碾压**

**5.3.1**混合料摊铺应保证有足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度不宜小于160mm，最大厚度不宜大于200mm。

**5.3.2**采用两台摊铺机并排摊铺时，两台摊铺机的型号及磨损程度应相同。在施工期间，两台摊铺机的前后距离不宜大于10m，且两个施工段面纵向应有300-400mm重叠。

**5.3.3**应安排专人负责指挥碾压，严禁产生漏压和轮迹。

# 6 质量验收

**6.1 一般规定**

**6.1.1**基层施工质量标准与控制应包括原材料检验、施工参数确定、施工过程中的质量检查验收和施工完后的质量验收等方面。

**6.1.2**施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时应停工整顿，查找原因。

**6.1.3**施工过程中关键工序应拍照或者录像，作为现场记录保存。

**6.1.4**施工过程中应配备相关试验资质的试验操作人员。每个工地试验室的试验操作人员不宜少于8人，同时应明确每个质量控制环节的责任人。

**6.2 材料检验**

**6.2.1**在施工前和施工过程中，原材料或混合料发生变化时，应检验拟使用的材料。

**6.2.2**用作基层的粗骨料应按照T 0801/T 0803测试初始含水率、按照T 0303检测级配、按照T 0316检测压碎值、按照T 0312检测针片状含量。

**6.2.3**用作基层的细骨料应按照T 0801/T 0803测试初始含水率、按照T 0327检测级配、按照T 0118/T 0119测试液限和塑限、按照T 0336/T 0341测试有机质含量。

**6.2.4**用作基层的固废基结合料应参照T 0505/T 0506进行抗压强度和凝结时间测试。

**6.3 试验段铺设**

**6.3.1**基层正式施工前应进行试验段铺设。

**6.3.2**试验段应铺设在生产路段上，长度宜为200-300m。

**6.3.3**试验段开工前，应提交完整的目标配合比和生产配合比报告，正常施工时配备的施工机械完全进场且调试完毕，全部施工人员到位。

**6.3.4**试验段施工期间，应检测用于施工的原材料技术指标，混合料拌合时结合料剂量设置数量不应少于4个，用于测试7d无侧限抗压强度的试件不应少于13个。

**6.3.5**试验段养生7d后，应进行7d无侧限抗压强度测试。应钻芯取样评价芯样外观。应按车道，每10m一点测弯沉指标并计算回弹值。应按车道，每50m一点测承载比。

**6.3.6**试验段施工后应及时总结，主要总结试验段检测报告，试验段总体效果评价，施工关键参数的推荐值（配合比、含水率、碾压工艺等）。

**6.4 施工过程中检测**

**6.4.1**施工过程中质量检测应包括外形尺寸检测和内在质量检测。

**6.4.2**外形尺寸检测主要包括：纵断高程，应每20米检测1点，允许误差为-15到+5mm；厚度，应每1500-2000m2检测6点，均值误差≥-10mm，单个值误差≥-20mm；宽度，应每40m检测1处，不得低于设计值；横坡度，应每100m检测3处，允许误差范围±0.5%；平整度，应每200m检测2处，误差≤12mm。

**6.4.3**内在质量检测：对固废基结合料稳定材料应进行钻芯取样检验其整体性，芯样直径应为150mm，取样时应随机选取位置，芯样顶面及四周应均匀平整，芯样高度不得小于实际摊铺厚度的90%。芯样取样龄期宜为7-14d。

**6.5 施工后质量检测**

**6.5.1**进行质量检测时应随机抽样，检查内容主要包括基层的压实度、厚度、固废基结合料剂量等。此外，取样过程应严格按照相关标准进行。

**6.5.2** 固废基结合料稳定材料应进行毒性溶出测试，按照HJ/T300制备的浸出液中危害成分浓度低于表6.5.2的限值。

表6.5.2全固废半刚性基层重金属浸出限制

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 污染物项目 | 浓度限制（mg/L） |
| 1 | 汞 | 0.05 |
| 2 | 铜 | 40 |
| 3 | 锌 | 100 |
| 4 | 铅 | 0.25 |
| 5 | 镉 | 0.15 |
| 6 | 铍 | 0.02 |
| 7 | 钡 | 25 |
| 8 | 镍 | 0.5 |
| 9 | 砷 | 0.3 |
| 10 | 总铬 | 4.5 |
| 11 | 六价铬 | 1.5 |
| 12 | 硒 | 0.1 |

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《高性能混凝土用骨料》 JG/T 568-2019

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》 GB/T 1346-2011

《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》 GB/T 17671-2021

《用于水泥中的火山灰质混合材料》 GB/T 2847-2005

《公路路面基层施工技术细则》 JTG/TF 20-2015

《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》 GB 5085.3-2007

《含水量试验方法(烘干法)》 T 0801-2009

《含水率试验方法(酒精法)》 T 0803-1994

《粗集料及集料混合料的筛分试验》 T 0303-2005

《公路工程集料试验规程》 JTGE 42-2005

《粗集料针片状颗粒含量试验(卡尺法)》 T 0312-2005

《细集料筛分试验》 T 0327-2000

《液限和塑限联合测定法》 T 0118-2019

《塑限滚搓法》 T 0119-1993

《细集料有机质含量试验》 T 0336-1994

《细集料三氧化硫含量试验》 T 0341-1994

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性试验方法》 T 0505-2020

《水泥胶砂强度考验方法》 T 0506-2005

《生活垃圾填埋场控制标准》GB-16889-2008

《建设用砂》GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《生活饮用水卫生标准》GB 5749

《混凝土用水标准》JGJ 63

中国工程建设标准化协会标准

市政道路全固废半刚性基层技术规程

T/CECS xxx－2019

条 文 说 明

**制 定 说 明**

本规程《市政道路全固废半刚性基层技术规程》制定过程中，编制组进行了全固废材料在半刚性基层中应用项目研究，总结了我国水泥稳定级配碎石实践经验，同时参考了固废基胶凝材料研发、再生骨料循环利用、废碱协同激发、骨料体积置换等固废材料资源化利用先进技术，通过固废基胶凝材料稳定固废骨料以及标准静压成型等试验取得了全固废材料制备半刚性基层技术成果。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程《市政道路全固废半刚性基层技术规程》时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

**目次**

[**1 总 则** 1](#_Toc173611567)

[**2** **术语和定义** 2](#_Toc173611568)

[**3**  **材料** 3](#_Toc173611569)

[3.1 一般规定 3](#_Toc173611570)

[3.2 原材料规定 3](#_Toc173611571)

[**4 设计** 4](#_Toc173611572)

[4.1 一般规定 4](#_Toc173611573)

[4.2 强度要求 4](#_Toc173611574)

[4.3 强度试验 5](#_Toc173611575)

4.4 固废骨料推荐级配 5

4.5 固废基结合料稳定材料目标配合比设计技术要求 5

4.6 固废基结合料稳定材料生产配合比技术要求 5

[**5 施工** 7](#_Toc173611579)

[5.1 一般规定 7](#_Toc173611580)

[5.2 混合料集中厂拌及运输 7](#_Toc173611581)

[5.3 摊铺机摊铺与碾压 7](#_Toc173611582)

[**6 质量验收** 9](#_Toc173611583)

[6.1 一般规定 9](#_Toc173611584)

[6.2 材料检验 9](#_Toc173611585)

[6.3 试验段铺设 9](#_Toc173611586)

[6.4 施工过程中检测 1](#_Toc173611587)0

[6.5 施工后质量检测 1](#_Toc173611588)0

**Contents**

1 General provisions 1

2 Terms and defines 2

3 Material 3

3.1 General requirements 3

3.2 Raw material requirements 3

4 Design 4

4.1 General requirements 4

4.2 Strength requirrement 4

4.3 Strength test 5

4.4 Recommended gradation of solid waste aggregate 5

4.5 Technical requirements for target mix proportion design of stabilized material of waste-based binder 5

4.6 Technical requirements for production mix proportion of solid waste-based binder stabilized materials 5

5 Construction 7

5.1 General requirements 7

5.2 Centralized plant mixing and transportation of mixture 7

5.3 Paver paving and rolling 7

6 Quality inspection 9

6.1 General requirements 9

6.2 Material inspection 9

6.3 Laying of test section 9

6.4 Inspection in the construction process 10

6.5 Quality inspection after construction 10

# 1 总 则

**1.0.1**本条规定了本规程的编制目的。目前，半刚性基层已广泛应用于道路施工，但是半刚性基层制备需要消耗大量水泥和天然骨料，不仅存在环境污染问题同时施工成本较高。固废基半刚性基层无需消耗水泥和天然骨料，而且能够大量利用工业固废，兼具环境和经济优势。

**1.0.2**本条规定了本规程的适用范围和不适用范围，尤其强调了固废基半刚性基层可广泛应用于市政道路基层施工。

**1.0.3**除本规程外，全固废半刚性基层的设计、施工和验收还应符合其他国家现行标准的规定，如：《公路路面基层施工技术细则》JTG/TF 20-2015等。

# 2 术语和定义

**2.01**全固废半刚性基层是一种由固废基结合料稳定固废骨料经静压成型制备的一种环境友好型和经济节约型基层。此外，由于固废基结合料相较水泥结合料有更低的水化热，故基层的抗裂性能更强。

**2.02**固废基结合料是由多种工业固废材料组合而成，主要包括碱性工业固废、具有潜在火山灰活性的固废。固废基结合料强度较高，是一种极具潜力替代水泥的低碳材料。

**2.03**固废骨料选用工业废料和再生骨料，既实现了节约天然骨料的目的又能够处理大量工业废料。

**2.0.4**混合料是由固废基结合料、固废骨料和水混合而成的一种材料。

# 3 材料

**3.1 一般规定**

**3.1.1**为保证选用的各种固废材料的质量符合要求，防止供料商以次充好，确保所使用的原材料能够制备出满足路用性能要求的半刚性基层，制定本规定。

**3.1.2**制备基层的原材料中不得含有无法处理的有毒物质，否则会对当地产生环境二次污染，甚至威胁到人类健康。

**3.2 原材料规定**

**3.2.1**固废基结合料的初凝时间不宜过早，否则混合料会过早失去工作性影响施工。终凝时间不宜过晚，否则混合料强度形成滞后影响工期。

**3.2.2**固废基结合料应具有一定强度，在结合料的粘结作用下将骨料胶结成稳定板体，形成强度，保证基层具有足够的承载能力。此外，固废基结合料的抗压强度不得随龄期增长出现降低现象，保证全固废半刚性基层无安全隐患。

**3.2.3**粗骨料的压碎值不得过大、针片状含量不得过多，否则基层难以达到设计强度。粗骨料不得具有碱活性，否则基层容易发生开裂。固废骨料的粒径不得过大且各档骨料的比例应合理，确保骨料间的嵌锁效应。粗骨料中杂质占比不得过多，否则会影响结合料和骨料间的粘接强度。

**3.2.4**细骨料的塑性指数不得过高，否则会影响压实作业效果。细骨料中硫酸盐含量过高可能会导致基层发生膨胀破坏，有机物含量过高会影响结合料的水化，因此需要对细骨料中硫酸盐含量和有机物含量进行限制。细骨料的级配合理才能将粗骨料间的空隙填充密实，故需要对细骨料的级配进行限制。细骨料不得具有碱活性，否则会影响结构耐久性。

**3.2.5**拌合用水的质量会影响基层材料的强度、耐久性。通过限制拌合水中有害物质的含量，可确保基层材料的长期性能稳定，避免因水质问题导致基层材料性能无法达到设计目标。

# 4 设计

**4.1 一般规定**

**4.1.1**混合料中固废基结合料的占比不宜过高，过高会导致制备成本增加，也会导致开裂风险增大，故应合理进行配合比设计。

**4.1.2**从设计目标来确定原材料的选用、配合比的设计。

**4.1.3**固废基半刚性基层的制备首先要检验原材料是否满足要求，其次按道路基层功能要求进行目标配合比设计，接着进行实际生产配合比设计，最后根据基层宽度及厚度、工期等进行施工参数确定。

**4.1.4**所用材料的物理、化学性质应满足本规范及其他相关规范要求，避免因材料性质缺陷导致基层无法达到设计要求或者导致使用寿命缩短。

**4.1.5**配合比设计时要确定出粗骨料粒径范围、各档骨料占比、固废基结合料剂量。在保证基层强度等性能达到要求时，尽可能降低施工成本。

**4.1.6**实际生产前，供料仓应按预定质量填入材料，设置好出料速度，根据实时气温适当调控加水量，确保用于基层施工的混合料具备最佳含水率和最大干密度。

**4.1.7**施工前需要确定结合料的实际用量、最佳含水率、最大干密度，保证基层能够达到预期性能要求。

**4.1.8**除了无侧限抗压强度外，基层的抗冲刷性能和抗裂性能也是基层的重要指标，决定着基层的耐久性能，若抗冲刷性能和抗裂性能较差应当采取相应措施，解决后再进行基层施工。

**4.1.9**由于施工过程中材料批次、结合料种类发生变化均会导致基层性能发生较大变化，故一旦发生材料批次、结合料种变化时，需要重新进行材料组成设计。

**4.2 强度要求**

**4.2.1**作为道路结构中的主要承重层，基层需要具有足够的强度承受路面荷载和车辆荷载。

**4.2.2**当混合料强度未达到设计要求时需要采取措施提高强度，最简单的方式是提高固废基结合料剂量，然而该方式不仅会增加制备成本，还会增大基层开裂风险。骨料间的嵌锁效应也是混合料强度的重要来源，通过调控级配的方式能够在不增加固废基结合料剂量的前提下，提高混合料的强度。

**4.3 强度试验**

**4.3.1**即使用同一种混合料比例制备出的不同尺寸的试件，测试得到的无侧限抗压强度也不同。为方便评价半刚性基层无侧限抗压强度，对用于测试的试件尺寸进行了规定。

**4.3.2**测试基层无侧限抗压强度的试件中含有多档骨料，而骨料的级配难以保证完全一致，经静压成型后的试件孔隙率相差较大，这导致无侧限抗压强度测试结果的离散性较大，故需要对试件数量和变异系数进行要求。

**4.4 固废骨料推荐级配**

**4.4.1**合理的骨料级配能够获得更大的体积密度、产生更强的嵌锁效应，从而提高基层的强度，经过大量试验确定了适用于市政道路基层施工的骨料推荐级配。

**4.4.2**混合料中的细骨料填充于粗骨料的空隙处，是混合料能够形成致密结构的关键，若细骨料的性质较差将会弱化基层的抗冲刷性能和水稳定性，这将导致道路存在极大的安全隐患，故必须对细骨料的性质进行限定，以确保基层的质量。

**4.5 固废基结合料稳定材料目标配合比设计技术要求**

**4.5.1**基层的材料成本往往占基层施工成本的60%-70%，降低材料费用支出将有效节省基层施工成本。在原材料质量满足要求的前提下，选用施工当地大量存在的、价格低廉的材料，通过技术设计将其用于基层施工能够大幅降低施工成本。

**4.5.2**由于不同结合料对强度的影响程度不同，在进行配合比设计时，至少选用5个结合料剂量，以防止结合料浪费。此外，最佳含水率和最大干密度对基层的性能有较大影响，故需对每个结合料剂量下的混合料进行击实试验，确定各结合料剂量下的最佳含水率和最大干密度。

**4.5.3**固废基结合料的掺量过低时，基层的强度往往无法满足使用要求，而掺量过高时，基层的开裂风险又会增大。通过大量试验发现固废基结合料的剂量在5%-15%（外掺法）时基本能制备出强度满足要求的基层。

**4.6 固废基结合料稳定材料生产配合比技术要求**

**4.6.1**不同于室内试验，实际生产时对原材料的需求量巨大，各粒径骨料需严格按照设计配合比添加，保障级配合理，确保基层强度达标；调试、校核拌合设备，确保能够得到均匀的混合料。

**4.6.2**料斗称量精度的标定、结合料剂量的标定和加水量控制等是拌合设备调试时重点关注的地方。

# 5 施工

**5.1 一般规定**

**5.1.1**基层施工时对混合料的需求量巨大，若采用人工拌合方式效率较低，拌合效果差。摊铺工艺选用摊铺机可提高摊铺效率和质量。边角部位‌混合料的拌合方式只有与主线相同才能保证路面的密实度和稳定性。

**5.1.2**本规定是为了保证混合料生产、‌摊铺及碾压过程中的施工质量和施工效率。

**5.1.3**本规定是为了避免因施工时间过晚导致混合料的工作性能下降，最终降低混合料的施工质量。

**5.1.4**本规定是为了避免外界水分侵入混合料导致混合料密实度降低、延缓混合料强度形成时间。

**5.1.5**本规定是为了避免雨季施工影响施工效率，冬季施工影响施工质量。

**5.1.6**压实度是压实后的干密度和标准最大干密度之比，压实度过低时将无法保证基层的强度、稳定性和平整度等指标，甚至导致道路结构的使用寿命降低。

**5.2 混合料集中厂拌及运输**

**5.2.1**本规定是为了实现摊铺机连续、均匀、不间断地工作，保证路面的平整度。

**5.2.2**本规定是为了避免雨水影响拌合厂作业，既是工程实践中的实际需要，‌也是对环境保护、‌消防安全等规定的遵守。

**5.2.3**工程材料的管理，直接关系着施工效率和安全，对工程材料进行分类存放是对消防安全规定的遵守，也是保证施工安全的重要前提。

**5.2.4**本规定是为了避免因料仓出料值与配合比设计值不同导致基层性能无法达到设计要求。

**5.2.5**本规定是为了避免运输车辆数量过多导致运输成本增加，避免运输车辆过少导致混合料无法及时供，影响施工效率和施工质量。

**5.3 摊铺机摊铺与碾压**

**5.3.1**混合料摊铺后的厚度符合要求，基层才有足够的强度抵抗外界荷载，减轻车辆荷载等因素引起的磨损，从而提高道路的使用寿命。但是，当摊铺厚度过大时施工成本将会大幅提高。

**5.3.2**本规定是为了减少因机械性能差异或操作不当导致的质量问题，避免出现接缝不均匀或接缝处材料不足的情况，‌从而保证路面的平整度和均匀性，提高施工安全性和基层耐久性。

**5.3.3**本规定是为了碾压作业时避免出现漏压或者碾压不平等情况，保证施工材料被均匀压实，提高基层整体质量。

# 6 质量验收

**6.1 一般规定**

**6.1.1**工程质量检测是评估工程质量的重要手段，施工前准备阶段、施工过程中和施工完成后均需进行质量检测，确保质量达标。

**6.1.2**施工过程中发现未达到设计要求应立即停止作业，分析问题原因，解决问题后才能继续作业。此外，在后续作业时还要加大检测频率，避免再次出现质量问题。

**6.1.3**本规定是为了记录关键工序，用于工程完成后的复盘以及作为工程实例对新入职人员进行培训。

**6.1.4**本规定是为了保证检验工作的有效进行，能够应对各种复杂的检验工作，保证检验工作的专业性和效率。

**6.2 材料检验**

**6.2.1**原材料性能决定着基层性能，当原材料生产工艺发生变化时需要对其进行物理化学性质检测，分析是否会对基层性能产生影响。

**6.2.2**计算混合料的含水率时应考虑粗骨料中的含水率。骨料的级配决定着混合料能否达到密实状态，故需要对骨料级配进行测试。压碎值代表着骨料的坚硬程度，针片状含量影响着骨料的脆性和流动性，故需要对上述指标进行检测。

**6.2.3**自然放置的细骨料往往含有较高的水分，细集料的液限和塑限代表着细骨料可塑状态和流动状态之间的临界含水率，有机质含量过高会对混合料的渗透性产生不利影响，故需要对上述指标进行测试。

**6.2.4**固废基结合料的抗压强度和凝结时间决定着混合料的抗压强度和凝结时间，在施工进行前需要对选用的结合料进行抗压强度和凝结时间测试，通过测试结果对混合料配合比进行设计。

**6.3 试验段铺设**

**6.3.1**本规定是为了验证试验方案的可行性，并获取施工质量的评估数据，有利于工程的顺利进行。

**6.3.2**本规定是为了保证试验段的铺设成本经济，试验段的路用性能可准确反应项目路段的性能。

**6.3.3**本规定是为了保证试验段施工具有成熟的施工方案、配套的施工机械和技术人员。

**6.3.4**混合料中固废基结合料的剂量对基层性能影响较大，故需要对固废基结合料的剂量进行限定。由于试件中的骨料级配难以完全一致，同一个材料配比下制备试件无侧限抗压强度波动较大，为此对测试无侧限抗压强度的试件数量进行了限定。

**6.3.5** 对试验段的取样方法及测试龄期进行了规定，以客观评价目标配合比下基层的力学性能。

**6.3.6**试验路段完成施工后，应当对施工整体情况进行总结，尤其关注关键施工参数，积累施工经验，便于项目路段基层施工。

**6.4 施工过程中检测**

**6.4.1**本规定是为了保证基层施工质量符合设计要求和相关规范。

**6.4.2**本规定是为了保证基层尺寸符合设计要求，避免因基层外形不准确导致的道路整体结构不稳定。

**6.4.3**本规定是为了保证基层能够承受预期荷载，保证道路长期稳定运行。对取样的尺寸、方式和龄期进行了建议。

**6.5 施工后质量检测**

**6.5.1**通过随机抽查基层的压实度、厚度、固废基结合料剂量等指标的方式，检测施工质量是否符合目标设计要求及相关标准规范，确保道路结构的使用功能和服役寿命。

**6.5.2** 固废材料可能含有有毒物质，特别是重金属，为此施工完成后仍需严格按照HJ/T 300进行重金属浸出测试，保证固废基半刚性基层无环境污染风险。